JOICHE

Journal of Industrial Process and Chemical Engineering

Jurnal homepage : ejurnal.itats.ac.id/JOICHE

Pembuatan Biosorben Dari Kulit Pisang Kepok Untuk Memurnikan Minyak Goreng Bekas

Dian Yanuarita P, Annisa Khoirur Rosyidah, dan Retno Indahsari

Jurusan Teknik Kimia, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, Jl. Arif Rahman Hakim No. 100 Surabaya, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Halaman:
1 - 6

Tanggal penyerahan:

3 Januari 2023

Tanggal diterima:

29 Mei 2023

Tanggal terbit:

30 Juni 2023

EMAIL

retno.indah778@gmail.com *corresponding author

ABSTRACT

Cooking oil is a basic need of sicety which has the main content oftriglycerides. Tryglicerides function of fry food. The use of cooking oil continuously can reduce the quality of cooking oil. There are several attempts to improve the acid number and perokxide value in cooking oil. One of the efforts is providing an adsorbent in the form of kepok banana peels (Musa paradisiaca L.) using cooking oil. Kepok banana peel contain cellulose which acts as an adsorbent. This study used H_3PO_4 as an activator and NaOH as ad delignification in manufacturing kepok banan peel biosorbent. The research method includes the preparation of the biosorbent, the delignification process, the activation of the biosorbent with an activator, and the application of the biosorbent to used cooking oil. The method used is the adsorption method. The adsorption method used variable perecentage of the kepok banana peel mass : 5%, 10%, 15%, 20%, 25% (m/m), and adsorption method contact times were 60, 120, 180, and 240 minutes. The analyzes tested were the acid number. The acid number value of used cooking oil decreased with the addition of the mass of the biosorbent and the length of contact time. The optimum result obtained after treatment on the acid number value were 6.507 mg KOH/gr with a variable mass of biosorben of 25% at a concatct time of 240 minutes.

Keywords: *Used cooking oil, kepok banana peel, adsorption, biosorbent*.

ABSTRAK

Minyak goreng adalah suatu kebutuhan pokok masyarakat yang mempunyai kandungan utama trigliserida yang berfungsi untuk menggoreng makanan. Penggunaan secara terus-menerus dapat menurunkan mutu kualitas minyak goreng. Adapun upaya untuk memperbaiki bilangan asam dan bilangan peroksida salah satunya yaitu dengan pemberian adsorben berupa kulit pisang kepok (*Musa paradisiaca L.*) pada minyak goreng bekas. Kulit pisang kepok mengandung selulosa yang berperan sebagai adsorben. Penelitian ini menggunakan H_3PO_4 sebagai aktivator dan NaOH sebagai delignifikator pada pembuatan biosorben kulit pisang kepok. Metode penelitian ini meliputi preparasi biosorben, proses delignifikasi, pengaktivasian biosorben dengan aktivator, pengaplikasian biosorben terhadap minyak goreng bekas. Metode yang digunakan berupa metode adsorpsi menggunakan variabel persen massa biosorben kulit pisang kepok yaitu 5%, 10%, 15%, 20%, 25% (m/m) dan waktu kontak adsorpsi: 60,120, 180, 240 menit. Analisa yang diuji yaitu bilangan asam. Bilangan asam pada minyak goreng bekas mengalami penurunan seiring dengan penambahan massa biosorben dan lama waktu kontak. Hasil optimum yang didapatkan setelah *treatment* pada bilangan asam yaitu sebesar 6,507 mg KOH/gr dengan variabel massa biosorben 25% pada waktu kontak 240 menit.

Kata kunci: Minyak goreng bekas, Kulit pisang kepok, Adsorpsi, Biosorben

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan suatu negara yang mempunyai tanah yang dikenal sangat subur sehingga cocok untuk dijadikan sebagai negara agrikultural. Tumbuhan di Indonesia banyak dimanfaatkan sebagai bahan makanan, contohnya tanaman pisang. Kulit pisang merupakan suatu produk sisa buangan dari buah pisang yang pemanfaatannya terbilang kurang. Adapun pemanfaatan kulit pisang secara umum sebagai pakan hewan ternak, namun sebagian besar dibuang begitu saja dan tidak dimanfaatkan. Padahal kulit pisang mengandung kadar selulosa sebesar 14,4% yang bisa dimanfaatkan kembali sebagai biosorben [1]. Minyak goreng merupakan kebutuhan pokok masyarakat untuk keperluan dalam menggoreng makanan. Saat minyak goreng mengalami suatu proses pemanasan dalam penggorengan maka minyak goreng akan terjadi proses degradasi yang ditimbulkan oleh suhu panas, udara serta air, yang dapat menimbulkan adanya suatu reaksi oksidasi, polimerisasi, serta hidrolisis [2]. Mahalnya harga minyak goreng menyebabkan masyarakat menggunakan minyak berulang-ulang sebagai bentuk penghematan. Padahal, pemasakan minyak goreng dengan pemanasan berulang akan berpengaruh pada kandungan nilai dari asam lemak bebas dan bilangan peroksida yang bilamana dikonsumsi secara terus menerus akan membahayakan kesehatan serta dapat merusak lingkungan. Minyak jelantah dapat ditandai dengan tekstur yang semakin kental dan warnanya gelap kecoklatan seperti keruh. Nilai asam lemak bebas dan bilangan peroksida yang terkandung pada minyak goreng dapat diperbaiki sesuai dengan SNI, salah satunya yaitu dengan pemberian suatu adsorben pada minyak goreng bekas. Adapun metode lainnya yaitu dengan cara penambahan suatu zat antioksidan alami, dimana zat tersebut dapat berfungsi untuk menghambat serta menangkal terjadinya proses reaksi oksidasi yang dapat mengakibatkan radikal bebas [3].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui manfaat kulit pisang kepok sebagai biosorben agar dapat mengolah minyak goreng bekas dan untuk mengetahui penurunan bilangan asam dan peroksida ditinjau dari pengaruh massa dan pengaruh waktu kontak biosorben.

TINJAUAN PUSTAKA

Biosorpsi

Biosorpsi adalah proses teknologi pengolahan sederhana baik secara kimia maupun fisika dalam menyerap suatu zat-zat dari larutan dengan menggunakan suatu material biologis dan biomassa. Proses biosorpsi terjadi adanya suatu ikatan pada larutan yang memiliki kandungan logam berat dengan afinitas tinggi terhadap biosorben [4]. Material biologis yang berpotensi dijadikan biosorben seperti mikroorganisme, bakteri, jamur, ragi dan alga. Proses biosorpsi yang terjadi dapat melibatkan fase padat (biosorben) dan fase cair (pelarut) yang mengandung spesies terlarut yang akan diserap.

Pisang Kepok (Musa paradisiaca L.)

Tumbuhan pisang merupakan salah satu tanaman hasil pertanian di Indonesia yang tergolong tanaman monokotil. Adapun komposisi kandungan kimia kulit pisang kepok yaitu kadar air sebesar 11,09%, kadar abu sebesar 4,82%, kadar lemak sebesar 16,47%, sellulosa sebesar 17,04%, lignin sebesar 15,36%, dan karbohidrat sebesar 40,74%. Semakin banyak kandungan lignin maka akan berpotensi tinggi untuk dijadikan sebagai arang aktif lebih baik. Hal tersebut dikarenakan suatu adsorben yang memiliki struktur tersusun oleh selulosa dan lignin akan menghasilkan struktur yang berpori sehingga dapat dijadikan sebagai media dalam proses adsorpsi [5]. Lignin memiliki kandungan gugus aktif yang mana gugus tersebut sangat mudah untuk bereaksi dengan gugus yang lain, dengan keberadaan gugus fungsional tersebut lignin memiliki kemampuan dalam mengadsorpsi logam berat seperti pada gugus OH fenolik atau hidroksil (-OH) [6].

Minyak Goreng

Minyak goreng merupakan suatu kebutuhan pangan yang mempunyai kandungan utama trigliserida. Banyaknya konsumsi minyak goreng di Indonesia dalam rumah tangga ataupun industri kuliner akan menyebabkan limbah minyak juga meningkat. Penggunaan minyak goreng secara berkali-kali dapat menyebabkan beberapa faktor, seperti menurunnya kualitas minyak, menurunnya nilai gizi, dan nilai kalori. Kerusakan pada minyak goreng dapat diakibatkan karena adanya suatu pemanasan minyak goreng dalam jangka waktu yang cukup lama, dimana minyak goreng tersebut mengalami reaksi hidrolisis dan reaksi oksidasi. Suhu tinggi saat pemanasan minyak yang dapat menurunkan kualitas minyak yaitu sekitar 160-180^{o}C [7]. Reaksi hidrolisis yang terjadi selama penggorengan akan mengakibatkan berubahnya trigliserida menjadi asam lemak bebas.

Adsorpsi

Adsorpsi adalah suatu proses dimana fluida, cairan, atau gas yang terikat pada suatu media baik berupa padatan maupun cairan yang kemudian membentuk suatu lapisan pada permukaannya. Adsorbat yaitu substansi yang dihilangkan dari fluida, cairan, atau gas yang perannya sebagai zat terserap, sedangkan adsorben yaitu bahan

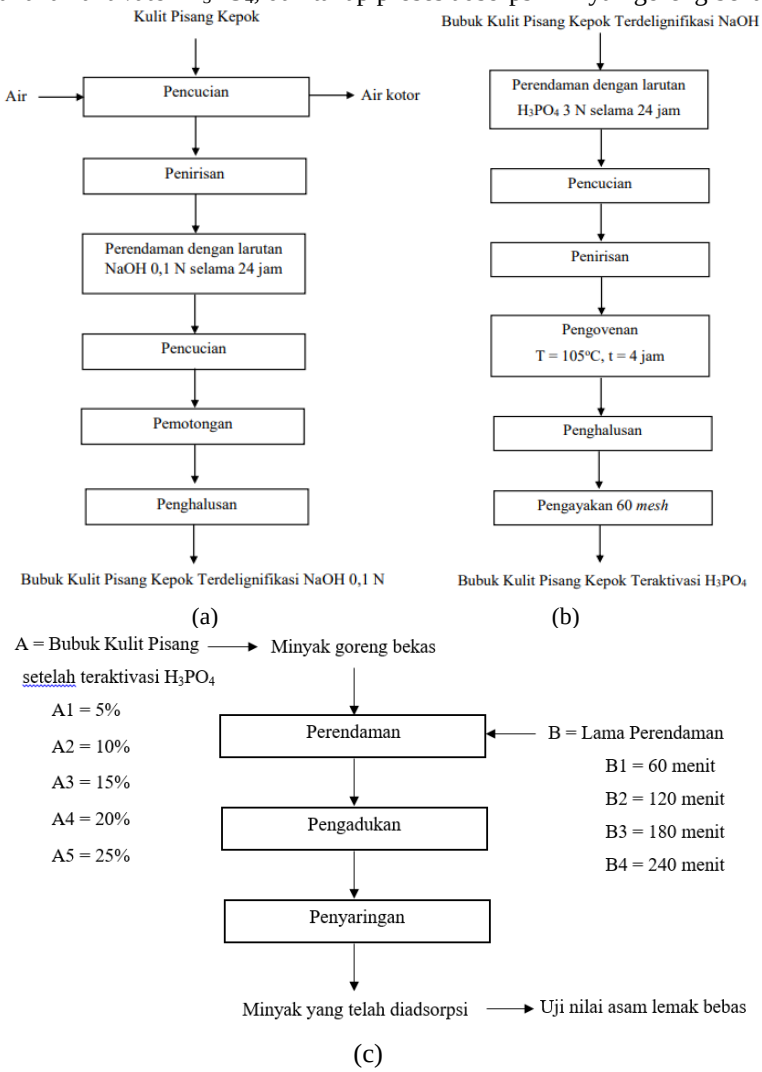
padatan atau cairan dimana perannya sebagai zat penyerap [8, 14-17]. Dalam pengaplikasiannya adsorben yang sering digunakan yaitu dalam bentuk karbon aktif, lumpur aktif, maupun zeolite.

***Free Fatty Acid* (FFA)**

Asam lemak bebas atau dikenal dengan free fatty acid (FFA) adalah suatu senyawa asam lemak dalam kondisi bebas serta tidak terikat dengan trigliserida. Asam lemak bebas atau free fatty acid (FFA) didapatkan karena adanya kandungan air pada minyak goreng sehingga terjadi suatu reaksi hidrolisa, dimana minyak tersebut terpecah menjadi asam lemak bebas dan gliserol [9]. Berdasarkan nilai SNI 01-3741- 2013 kadar free fatty acid (FFA) yang ada pada minyak goreng bekas paling maksimal yaitu 0,6 mg KOH/gr setelah dilakukannya proses adsorpsi, sedangkan kadar air berdasarkan SNI 01-3741-2013 yaitu paling maksimal 15% [10].

METODE

Penelitian terdiri dari 3 tahap, yaitu tahap pembuatan kulit pisang kepok, tahap pengaktivasian biosorben kulit pisang kepok menggunakan aktivator H_3PO_4, dan tahap proses adsorpsi minyak goreng bekas.



Gambar 1. a) Alur pembuatan biosorben kulit pisang kepok, b) Alur pengaktivasian bubuk kulit pisang kepok menggunakan aktivator H_3PO_4 3 N, c) Alur proses adsorpsi minyak goreng bekas.

Proses Adsorpsi Minyak Goreng Bekas

Minyak goreng bekas terlebih dahulu disaring untuk mengurangi kotoran sisa dari penggorengan. Langkah berikutnya adalah adsorpsi minyak goreng bekas dengan biosorben bubuk kulit pisang kepok yang telah diaktivasi dengan variasi persen massa (%) dan waktu kontak adsorpsi. Proses adsorpsi dilakukan menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 150 rpm dengan selang waktu yang telah ditentukan. Hal tersebut agar partikel biosorben dapat mengadsorpsi secara maksimal.

Prosedur Analisa Penentuan Bilangan Asam Bebas (SNI 3741 : 2013)

10 gram minyak goreng bekas ditimbang dalam *erlenmeyer* 250 mL dan ditambahkan 50 mL etanol 96% yang sudah dihangatkan sekitar 10 menit. Ditambahkan 5 tetes larutan fenolftalein dan diaduk selama 30 detik kemudian dititrasi dengan 0,1 N larutan KOH standar hingga membentuk warna merah muda. Warna merah muda biasanya tidak kurang dari 30 detik [12].

Bilangan asam digunakan untuk menyatakan jumlah milligram KOH yang dibutuhkan dalam menetralkan asam lemak bebas pada 1 gram minyak. Penentuan analisa bilangan asam dalam minyak dapat diperoleh dengan persamaan sebagai berikut [13] :

$$Bilangan\ Asam = \frac{V\ KOH\ .\ N\ KOH\ .\ 56{,}1}{Berat\ Sampel} \quad \text{.....(1)}$$

Keterangan :
Bilangan Asam = Nilai asam lemak bebas minyak (mg KOH/gr)
V KOH = Volume titrasi KOH yang terpakai (mL)
N KOH = Normalitas larutan KOH
56,1 = Bobot molekul KOH
Berat sampel = Massa sampel biosorben (gr)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Hasil Percobaan

Tabel 1. Hasil Analisa Awal Bilangan Asam dan Bilangan Peroksida Pada Minyak Goreng Bekas

Uji Minyak Goreng Bekas	Satuan	Baku Mutu*	Hasil Uji
Bilangan Asam	mg KOH/gr	Max. 0,6	21,318

*Sumber : SNI 01-3741-2013

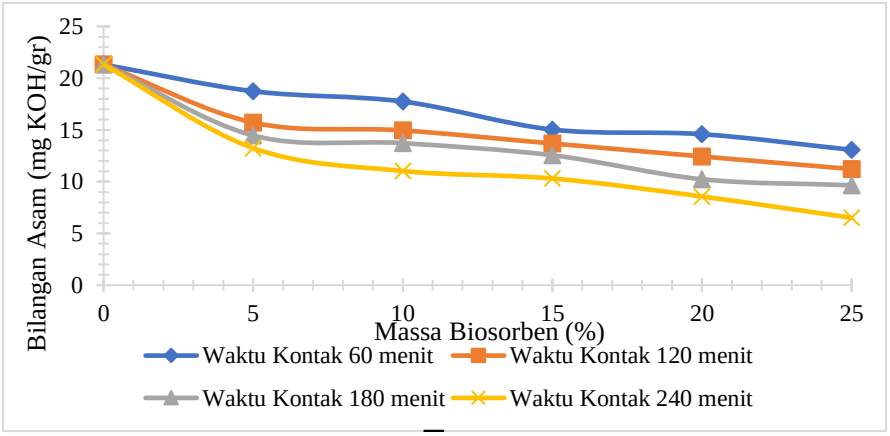
Tabel 2. Hasil Analisa Bilangan Asam dan Bilangan Peroksida Pada Minyak Goreng Bekas

No.	Sampel (%)	Waktu Kontak (min)	Bilangan Asam (mg KOH/gr)
1.	5	60	18,737
		120	15,708
		180	14,464
		240	13,239
2.	10	60	17,747
		120	14,956
		180	13,721
		240	11,033
3.	15	60	15,034
		120	13,688
		180	12,554
		240	10,306
4.	20	60	14,586
		120	12,434
		180	10,233
		240	8,566
5.	25	60	13,076
		120	11,220
		180	9,649
		240	6,507

Pembahasan

Minyak goreng bekas yang digunakan sebagai sampel pada penelitian ini ialah minyak goreng bekas pakai dari penjual jajanan gorengan di daerah Surabaya Selatan yang berwarna pekat. Langkah awal penelitian ini yaitu minyak goreng bekas diuji nilai asam lemak bebas dan bilangan peroksida terlebih dahulu sebelum treatment dengan biosorben. Pengujian dilakukan untuk acuan apakah minyak goreng bekas pada penelitian ini terjadi perubahan kualitas setelah dikontakkan dengan biosorben. Hasil pengujian awal minyak goreng bekas dapat dilihat pada Tabel 1. yang menunjukkan hasil bilangan asam dari minyak goreng yang belum memenuhi baku mutu minyak goreng menurut SNI 01-3741-2013. Langkah selanjutnya yaitu mula-mula bahan baku biosorben berupa kulit pisang kepok dicuci hingga bersih menggunakan *aquadest* untuk menghilangkan kotoran, kemudian direndam menggunakan NaOH 0,1 N selama 24 jam untuk proses delignifikasi yang bertujuan untuk menghilangkan kandungan lignin yang terkandung pada kulit pisang kepok. Lignin ini perlu dihilangkan karena bersifat sebagai penghalang serta penghambat hidrolisis selulosa.

Langkah berikutnya yaitu mencuci kulit pisang kepok yang telah didelignifikasi menggunakan *aquadest* hingga didapatkan pH netral. Kulit pisang kepok dijadikan biosorben dalam bentuk bubuk dengan cara dihaluskan menggunakan blender hingga halus dan diaktivasi menggunakan larutan H_3PO_4 3 N dengan cara direndam selama 24 jam. Digunakannya H_3PO_4 karena merupakan salah satu asam kuat yang dapat mengaktifkan gugus fungsi yang terkandung pada kulit pisang kepok serta dapat memperluas permukaan biosorben sehingga mempunyai kemampuan daya adsorpsi yang lebih baik dan maksimal. Kation H + dari asam fosfat dan juga dapat melarutkan kotoran yang ada pada biosorben sehingga meningkatkan kapasitas adsorbsi dari biosorben kulit pisang. Setelah dilakukan aktivasi, maka bubuk kulit pisang kepok dicuci kembali dengan *aquadest* hingga pHnya netral. Bubuk kulit pisang dikeringkan menggunakan oven pada suhu 105^oC selama 4 jam untuk menghilangkan kadar air dan diayak dengan ukuran 60 mesh. Dipilihnya ukuran ukuran 60 mesh karena biosorben akan lebih mudah menyerap asam lemak bebas dan peroksida dibandingkan biosorben dengan ukuran yang lebih besar. Ukuran biosorben yang semakin kecil akan berpengaruh pada luas permukaan biosorben, sehingga terjadi peningkatan ketersediaan sisi aktif yang akan memungkinkan terjadinya adsorpsi dibanyak tempat sehingga jumlah adsorbat yang terserap akan meningkat [11]. Minyak goreng bekas yang telah mendapatkan perlakuan kimia, kemudian dilakukan uji analisa bilangan asam lemak bebas dan bilangan peroksida dengan menggunakan metode titrasi. Pengujian tersebut bertujuan untuk mengetahui efektivitas biosorben kulit pisang kepok terhadap penurunan bilangan asam lemak bebas dan bilangan peroksida. Hasil dari *treatment* nilai bilangan asam yang diperoleh dapat dilihat pada **Tabel 1. Pengaruh Variasi % Massa dan Waktu Kontak Biosorben Terhadap Bilangan Asam dan Bilangan Peroksida Pada Minyak Goreng Bekas**



Gambar 2. Pengaruh variasi massa biosorben dan waktu kontak terhadap bilangan asam

Penurunan bilangan asam disebabkan karena biosorben kulit pisang kepok memiliki kandungan selulosa yang banyak sehingga gugus hidroksil (-OH) dapat menyerap molekul asam lemak bebas. Gugus fungsi hidroksil (-OH) bersifat elektronegatif (basa) dan polar, sehingga mudah untuk berikatan dengan asam lemak bebas pada minyak goreng bekas yang memiliki sifat elektropositif (asam) dan polar. Mekanisme pengikatan dapat terjadi ketika atom H dari senyawa asam karboksilat (RCOOH) akan bereaksi dengan cepat ketika dikontakkan dengan gugus hidroksil (-OH) sehingga akan membentuk senyawa RCOO dan H_2O. Berdasarkan grafik pada Gambar a. menunjukkan bahwa seiring dengan lama waktu kontak adsorpsi dan bertambahnya jumlah massa biosorben terhadap minyak goreng bekas, maka bilangan asam yang dihasilkan akan semakin rendah dan terjadinya penurunan bilangan asam yang semakin besar dengan hasil 6,507 mg KOH/gr pada kontak waktu 240 menit dengan massa biosorben 25%.

Proses adsorpsi akan terjadi sempurna seiring dengan lamanya kontak antara biosorben dengan minyak goreng bekas. Gugus fungsi karboksil (- COOH) yang terkandung pada biosorben akan mudah berikatan dengan oksigen pada minyak goreng bekas yang memiliki sifat polar. Gugus fungsi karboksil (- COOH) pada biosorben kulit pisang kepok yaitu berupa asam karboksilat. Mekanisme pengikatan yang terjadi yaitu ketika atom O mengalami ikatan hidrogen dengan atom H yang ada pada gugus karboksil (-COOH) dari selulosa, karena sifat dari kepolaran oksigen tersebut teradsorpsilah secara fisika.

Berdasarkan syarat mutu yang telah ditetapkan pada SNI 01-3741-2013, bilangan asam yang diperoleh belum memenuhi syarat dari mutu baku minyak goreng pada SNI 01-3741-2013 yaitu maksimal 0,6 mg KOH/gr. Hal ini dikarenakan sangat tingginya bilangan asam pada minyak goreng bekas sebelum dikontakkan dengan biosorben bubuk kulit pisang kepok, oleh karena itu pada saat pengontakkan massa 25% biosorben terhadap minyak goreng bekas pada waktu kontak 240 menit sudah mencapai keadaan yang jenuh dan tidak bisa menyerap adsorbat lebih banyak lagi. Hal ini yang mengakibatkan adsorbat yang telah terserap terlepas kembali dari adsorben.

KESIMPULAN

Kulit pisang kepok dapat dijadikan sebagai biosorben karena mengandung selulosa sebesar 17,04%. Seiring dengan penambahan massa biosorben dan lama waktu kontak terhadap minyak goreng bekas dapat menurunkan bilangan asam dengan hasil optimum sebesar 6,507 mg KOH/grpada penambahan massa biosorben 25% dengan waktu kontak 240 menit.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Sa, K., dan Lusiani, C. E. (2022). Kualitas Karbon Aktif Kulit Pisang Kepok Menggunakan Aktivator Kimia dengan Variasi Konsentrasi dan Waktu Aktivasi. 6(1), 9–19.
[2] Zuliani., Yustinah., dan Hartini. (2015). Pengaruh Konsentrasi Aktivator NaOH Pada Proses. Jurnal Teknik Kimia, November 2015, 1–7.
[3] Purwaningsih, D. Y., Zuchrilah, D. R., dan Nurmala, I. (2019). Peningkatkan Mutu Minyak Goreng Curah dengan Penambahan Ekstrak Kulit Pisang Raja Sebagai Antioksidan Alami. Reka Buana : Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Teknik Kimia, 4(1), 22. https://doi.org/10.33366/rekabuana.v4i1.1058
[4] Ratnawati, E., Ermawati, R., dan Naimah, S. (2010). Teknologi Biosorpsi oleh Mikroorganisme, Solusi Alternatif untuk Mengurangi Pencemaran Logam
[5] Aisyahlika. (2018). Kapasitas Adsorpsi Arang Aktif Cangkang Bintaro (Cerbera odollam) Terhadap Zat Warna Sintesis Reactive RED-120 Dan Reactive BLUE-198. Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Kimia, 2(2), 148–155.
[6] Prakoso, N. I. (2018). Application of Lignin as Adsorbent for Silver (Ag) and Copper (Cu) on Electroplating Waste in Kota Gede. Chemical, 4(1), 1–7. https://doi.org/10.20885/ijcr.vol3.iss1.art1
[7] Husnah. (2020). Analisa. 5, 65–71.
[8] Warren L. McCabe. (1993). McCabe_W_L_Smith_J_C_Harriott_P_Unit_Ope.pdf (hal. 1154 pages).
[9] Cardosh. (2017). Pengaruh Waktu Adsorbsi Dalam Proses Pemurnian Tandan Kosong Kelapa Sawit. November, 1–2.
[10] Oko, S., Mustafa, M., Kurniawan, A., dan Muslimin, N. A. (2020). Pemurnian Minyak Jelantah dengan Metode Adsorbsi Menggunakan Arang Aktif dari Serbuk Gergaji Kayu Ulin (Eusideroxylon zwageri). Jurnal Riset Teknologi Industri, 14(2), 124. https://doi.org/10.26578/jrti.v14i2.6067.
[11] Suryadi, J., Widiastuti, E., Ali, M. I. A., dan Ali, Z. (2019). Pengaruh Ukuran Adsorben Kulit Pisang Kepok terhadap Penurunan Nilai Asam Lemak Bebas Minyak Goreng Bekas. *Fluida*, *12*(2), 65–71. https://doi.org/10.35313/fluida.v12i2.1616.
[12] Patty, D., Papilaya, P. M., dan Karuwal, R. L. (2017). Penentuan Kadar Asam Lemak Bebas Pada Minyak Jelantah Dengan Penambahan Antioksidan Alami Kulit Pisang Raja (*Musa sapientum*). *BIOPENDIX: Jurnal Biologi, Pendidikan dan Terapan*, *3*(2), 124–128. https://doi.org/10.30598/biopendixvol3issue2page124-128
[13] Parida Hutapea, H., Sembiring, Y. S., dan Ahmadi, P. (2021). Uji Kualitas Minyak Goreng Curah yang dijual di Pasar Tradisional Surakarta dengan Penentuan Kadar Air, Bilangan Asam dan Bilangan Peroksida. *QUIMICA: Jurnal Kimia Sains dan Terapan*, *3*(1), 6–11. https://doi.org/10.33059/jq.v3i1.3311
[14] Muliawati, E. C., Santoso, M., Ismail, A. F., Jaafar, J., Salleh, M. T., Nurherdiana, S. D., & Widiastuti, N. (2017). Poly (Eugenol Sulfonate)-Sulfonated polyetherimide new blends membrane promising for direct methanol fuel cell. *Malaysian Journal of Analytical Sciences*, *21*(3), 659-668.
[15] Muliawati, E. C., Ismail, A. F., Jaafar, J., Widiastuti, N., Santoso, M., Taufiq, M., ... & Atmaja, L. (2019). Sulfonated PEI membrane with GPTMS-TiO2 as a filler for potential direct methanol fuel cell (DMFC) applications. *Malaysian Journal of Fundamental and Applied Sciences*, *15*(4), 555-560.
[16] Muliawati, E. C., Widiastuti, N., Santoso, M., Ismail, A. F., & Jaafar, J. (2017). Poly (Eugenol Sulfonate)-Sulfonated Polyetherimide-Titanium Dioxide (TiO2) New Blends Membrane Promising For Direct Methanol Fuel Cell (DMFC). *Proceedings Book*, 36.
[17] Muliawati, E. C., & Mirzayanti, Y. W. (2021). Membran Polieugenol Tersulfonasi (PET) Sebagai Potensi Sel Bahan Bakar Metanol Langsung. *Journal of Research and Technology*, *7*(2), 247-256.